

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-222956

(43)Date of publication of application : 11.08.2000

(51)Int.Cl.

H01B 13/00

H01B 12/10

(21)Application number : 11-025852

(71)Applicant : SUMITOMO ELECTRIC IND LTD

(22)Date of filing : 03.02.1999

(72)Inventor : AYAI NAOKI

(54) MANUFACTURE OF OXIDE MULTI-SUPERCONDUCTING WIRE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a manufacturing method of an oxide multi-superconducting wire which causes no bridging in drawing, molding, and sintering.

SOLUTION: This manufacturing method contains a step for drawing a first pipe made of silver or a silver alloy into which oxide superconductor raw material powder is filled; a step for bundling a plurality of wires obtained by drawing the first pipe filled with the raw material, inserting the wire into a second pipe made of silver or a silver alloy, then drawing the second pipe; a step for twisting the wire inserted into the second pipe to be drawn; and a step for applying heat treatment to twisted wire or form an oxide superconductor filament; and in the wire before twisting but after drawing, cross section area ratio of a base material region formed with the first pipe to a filament region is specified to 2-3.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-222956

(P2000-222956A)

(43) 公開日 平成12年8月11日 (2000. 8. 11)

(51) Int.Cl.⁷

H 0 1 B 13/00

12/10

識別記号

5 6 5

Z A A

F i

H 0 1 B 13/00

12/10

ターム(参考)

5 6 5 D 5 G 3 2 1

Z A A

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号

特願平11-25852

(22) 出願日

平成11年2月3日 (1999. 2. 3)

(71) 出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(72) 発明者 鯨井 直樹

大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電

気工業株式会社大阪製作所内

(74) 代理人 100064746

弁理士 深見 久郎 (外2名)

Fターム(参考) 5G321 AA06 BA14 CA09 CA11 CA32

DA02 DA03 DB18

(54) 【発明の名称】 酸化物多芯超電導線材の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 伸線加工、成型加工、焼結の際に、ブリッジングの起こらない酸化物多芯超電導線材の製造方法を提供する。

【解決手段】 酸化物超電導体の原料粉末を銀または銀合金からなる第1のパイプに充填したものを伸線するステップと、第1のパイプに充填して伸線した線材を複数本束ねて、銀または銀合金からなる第2のパイプに挿入して伸線するステップと、第2のパイプに挿入して伸線した線材に捩じりを加えるステップと、捩じりを加えた線材について熱処理によって酸化物超電導体フィラメントを形成するステップとを備え、捩じりを加える前の伸線後の線材において、第1のパイプによって形成された母材領域のフィラメント領域に対する断面積比率が、2～3であることを特徴とする。

の緩いツイスト加工では、ツイストピッチが長い場合、交流損失が十分に低減できない。

【0009】さらに、伸線加工後、焼結前の線材でブリッジングがなく、均一なツイスト加工ができて、ツイスト後の矩形断面成型や、焼結時の反応によって、ブリッジングが発生する場合がある。

【0010】このようにブリッジングが発生すると、その部分で超電導状態で電流が流れると、ツイストを行ったり、母材の比抵抗を大きくしても線材全体を還流する遮断電流が減衰せず、多芯フィラメントが埋込まれた領域全体が1つの大きな超電導体のような電磁的振る舞いを示し、大きなヒステリシス損失が発生するという問題があった。

【0011】この発明の目的は、上述の問題点を解決し、伸線加工、成型加工、焼結の際に、ブリッジングの起こらない酸化物多芯超電導線材の製造方法を提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明による酸化物多芯超電導線材の製造方法は、酸化物超電導体の原料粉末を銀または銀合金からなる第1のパイプに充填したものを伸線するステップと、第1のパイプに充填して伸線した線材を複数本束ねて、銀または銀合金からなる第2のパイプに挿入して伸線するステップと、第2のパイプに挿入して伸線した線材に振じりを加えるステップと、振じりを加えた線材について熱処理によって酸化物超電導体フィラメントを形成するステップとを備え、振じりを加える前の伸線後の線材において、第1のパイプによって形成された母材領域のフィラメント領域に対する断面積比率が、2～3であることを特徴としている。

【0013】断面積比率を2以上としたのは、伸線加工後、焼結前の線材でブリッジングが起らず、均一なツイスト加工を行なうことができ、焼結後もブリッジングが起らないために、2以上の断面積比率が必要だからである。一方、断面積比率を3以下としたのは、3より大きくなると、超電導体の断面積比率が小さく、臨界電流が低くなるためである。

【0014】請求項2の発明による酸化物多芯超電導線材の製造方法は、請求項1の発明の構成において、線材に振じりを加えるステップにおいて、振じり1周期当りの線材の長さ方向ピッチが、30mm以下である。

【0015】30mm以下としたのは、30mmより大きいピッチでは、十分な交流損失の低減効果が得られないためである。

【0016】請求項3の発明による酸化物多芯超電導線材の製造方法は、請求項1の発明の構成において、線材に振じりを加えるステップにおいて、振じり1周期当りの線材の長さ方向ピッチが、15mm以下である。

【0017】15mm以下としたのは、より高い磁界変化率に曝される使用条件で、交流損失の低減効果を得る

ためである。

【0018】請求項4の発明による酸化物多芯超電導線材の製造方法は、請求項1の発明の構成において、銀または銀合金からなる第1のパイプは、銀または、0.5wt.%以下のSbを含む銀合金からなる。

【0019】このような組成であれば、不純物の混入によって超電導体の組成が変化し、臨界電流密度等の特性が低下することはないからである。

【0020】請求項5の発明による酸化物多芯超電導線材の製造方法は、請求項1の発明の構成において、酸化物超電導体は、Bi系酸化物超電導体である。

【0021】なお、Bi系酸化物超電導体は、酸化物多芯超電導線材の超電導体として、最も有力なものの1つである。

【0022】請求項6の発明による酸化物多芯超電導線材の製造方法は、請求項1の発明の構成において、伸線後の線材に振じりを加えるステップの後であって熱処理によって酸化物超電導体を形成するステップの前に、矩形断面形状に成型するステップをさらに備えている。

【0023】矩形断面形状に成型することによって、異方性の強い酸化物超電導体を、線材中で配向させて、高い臨界電流密度を得ることができる。

【0024】請求項7の発明による酸化物多芯超電導線材の製造方法は、請求項6の発明の構成において、矩形断面形状に成型した後の線材の断面において、超電導体の占有率が12%以上である。

【0025】占有率を12%以上としたのは、矩形断面成型線材において、全断面積当たりの臨界電流密度を、実用的に意味のある値とするためである。

【0026】請求項8の発明による酸化物多芯超電導線材の製造方法は、請求項6の発明の構成において、矩形断面形状に成型後のフィラメントの短径が、30μm以下である。

【0027】フィラメントの短径を30μm以下としたのは、短径方向に垂直な変動磁界成分に対して、ヒステリシス損失（超電導体内のピンニング損失）が実用上使用し得る小さな値になるためである。

【0028】請求項9の発明による酸化物多芯超電導線材の製造方法は、請求項6の発明の構成において、矩形断面形状に成型後のフィラメントの長径が、500μm以下である。

【0029】フィラメントの長径を500μm以下としたのは、長径方向に垂直な変動磁界成分に対して、ヒステリシス損失（超電導体内のピンニング損失）が実用上使用し得る小さな値になるためである。

【0030】請求項10の発明による酸化物多芯超電導線材の製造方法は、請求項1の発明の構成において、フィラメントの短径が、15μm以下である。

【0031】フィラメントの短径を15μm以下としたのは、短径方向に垂直な変動磁界成分に対して、ヒステ

リシス損失（超電導体内のピンニング損失）がより低い交流損失を求められる機器に適用し得る小さな値になるためである。

【0032】請求項11の発明による酸化物多芯超電導線材の製造方法は、請求項6の発明の構成において、矩形断面形状への成型において、1パス当たりの短径の縮径率が60%以下である。

【0033】縮径率を60%以下としたのは、矩形断面形状への成型過程で、フィラメントに過度な不均一変形が生じて、成型過程自体やその後に行なう熱処理で、フィラメント間のブリッジングが起こらないようにするためである。

【0034】請求項12の発明による酸化物多芯超電導線材の製造方法は、請求項9の発明の構成において、矩形断面形状に成型した線材に熱処理を行なった後に、さらに短径の縮径率が20%以下の成型加工と熱処理とを行なうステップをさらに備えている。

【0035】このような処理を行なうのは、異方性の強い酸化物超電導体を、線材中で配向させるとともに、ブリッジングの発生を抑制し、高臨界電流密度と低交流損失とを両立させるためである。

【0036】

【実施例】（テープ状多芯線材の作製） Bi_2O_3 、 PbO 、 SrCO_3 、 CaCO_3 、 CuO を混合して、組成比（原子比）が $\text{Bi}:\text{Pb}:\text{Sr}:\text{Ca}:\text{Cu}=1.8:0.4:2.0:2.0:3.0$ の混合粉末を作製した。この混合粉末に対して、700～850℃の熱処理と、粉碎とを数回繰返し行ない、得られた粉末を第1の銀パイプに充填した。粉末を充填した銀パイプを、伸*

*線加工して適当な長さに切断し、所定の本数を束ねて、第2の銀パイプに挿入した。この線材を1.29mmφまで伸線加工し、ツイスト加工を行なった後、再度1.22mmφに伸線し、多芯線材を得た。得られた多芯線材を、各パス当りの短径の縮径率が60%以下である2段階の成型加工により、線材の断面を矩形形状とし、845℃で50時間焼結を行なった。さらに、短径の縮径率が20%の成型加工を行ない、840℃で100時間の焼結を行なうことにより、図3に示すような実施例1および比較例1のテープ状酸化物多芯超電導線材を得た。ただし、比較例1の線材では、ツイスト加工中にツイストピッチが不均一になり、捩じれが集中する部分で断線が発生したため、ツイストピッチが10mm以下の線材は得られなかった。

【0037】以下の表1に、実施例1と比較例1のテープ状酸化物多芯超電導線材の諸元をまとめる。

【0038】なお、表1において、「ツイスト前内部銀比」とは、ツイスト加工前の多芯線材における第1のパイプによって形成された母材領域のフィラメント領域に対する断面積比率を指す。また、図4に示すように、「フィラメント短径」および「フィラメント長径」は、それぞれ線材短径方向および線材長径方向の値を指し、「フィラメント間隔」は、フィラメント短径に平行な方向の値を指す。また、「ツイストピッチ」は、捻回1周期分の長さで、ツイスト加工時の値ではなく、焼結後の最終形状での値として示す。

【0039】

【表1】

	実施例1	比較例1
超電導体	Bi-2223 基	Bi-2223 基
n: フィラメント本数	55	61
マトリックス材	Ag	Ag
ツイスト前内部銀比	2.1	0.86
圧延前フィラメント間隔	—	5 μm
λ : 超電導/線材	17.5%	26%
w: 線材長径	3.8mm	3.8mm
t: 線材短径	0.25mm	0.25mm
フィラメント間隔	>10 μm	>1 μm
フィラメント短径	<20 μm	<20 μm
フィラメント長径	<500 μm	<500 μm
Lp: ツイストピッチ	7mm~ ∞	11mm~ ∞

【0040】（実験1）上述のようにして得られた実施例1および比較例1のテープ状酸化物多芯超電導線材について、液体窒素中で、外部から磁場を印加しないで、臨界電流を測定した。測定方法は4端子法で、臨界電流値は線材1cm当りの発生電圧が1 μV となる電流値をもって決定した。得られた臨界電流を超電導体の断面積で割って臨界電流密度とした。実施例1および比較例1の酸化物多芯超電導線材で、未ツイスト線材の臨界電流

密度は、いずれも20 kA/cm²であった。

【0041】図1に、未ツイスト線材の臨界電流密度J_cで規格化した、各ツイストピッチのツイスト線材の臨界電流密度J_cと、ツイストピッチとの関係を示す。

【0042】図1では、未ツイスト線材（ツイストピッチ無限大）の線材を一緒に表わすために、ツイストピッチをその逆数（K）で示している。未ツイスト線材のKは0である。ツイストピッチが30mm（K=0.03

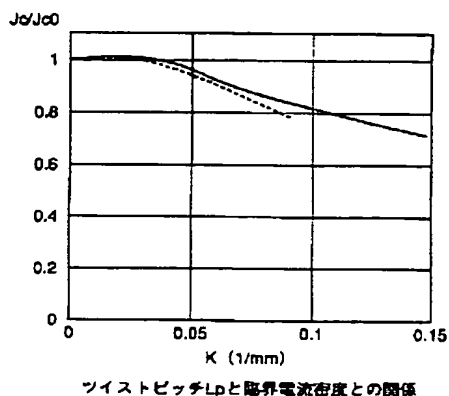
3) より小さくなると、臨界電流密度は徐々に低下する。比較例 1 の線材は、ツイストピッチ 10 mm 以下では断線が発生したため、臨界電流密度は得られていない。

【0043】(実験 2) 次に、実施例 1 および比較例 1 のテープ状酸化物多芯超電導線材について、液体窒素中で、50 Hz、磁場振幅 20 mT または 100 mT の磁場を、線材の幅広面に平行な方向に印加して交流損失密度を測定した。本実験において、交流損失値は、ツイストによる臨界電流値の低下を考慮するため、単位長さ当りの交流損失を臨界電流値で割った値(単位: $J/A \cdot m/cycle$)を基準として比較した。さらに、未ツイスト線材の交流損失値(W_0)でツイスト線材の交流損失(W_k)を規格化した(W_k/W_0)。

【0044】図 2 に、交流損失(W_k/W_0)とツイストピッチ(L_p)との関係を示す。図 1 と同様に、未ツイスト線材と一緒に表わすために、ツイストピッチをその逆数(K)で示している。未ツイスト線材の交流損失は、前述の先行技術 1 等に示されているように、フィラメントが存在する領域全体が電磁的に結合し、1 つの大きな超電導体であるとみなした場合と同等の大きなヒステリシス損失が発生する。図 2 では、ツイストピッチを短くするに従って、交流損失が低減していく現象が示されている。

【0045】たとえば、送電ケーブルに酸化物超電導線材を適用する場合には、20 mT 程度の交流磁界が発生するが、この条件下で、実施例 1 の線材で臨界電流密度が低下しない 30 mm のツイストピッチ($K=0.033$)で、交流損失を未ツイスト線材の 50% 以下に低減できる。一方、比較例 1 の交流損失は、未ツイスト線材

【図 1】



の 70% である。さらに、実施例 1 では、ツイストピッチを 10 mm 以下 ($K > 0.1$) にまで加工でき、このとき実施例 1 の交流損失は約 25% にまで低減された。これに対して、比較例 1 の線材では、ツイストピッチを 10 mm 以下にしようとすると、振じりが不均一になり断線が発生した。断線が発生しない限界のツイストピッチでは、交流損失は最小でも 55% にまでしか低減されなかった。

【0046】変圧器等では、さらに大きな 100 mT 程度の磁界が発生するが、このような条件下で比較例 1 の線材は、加工限界のツイストピッチでも、交流損失は 80% までしか低減しなかった。一方、実施例 1 の線材では、交流損失は 50% に低減された。

【0047】

【発明の効果】以上説明したように、この発明によれば、伸線加工、成型加工、焼結の際にブリッジングの起こらない、酸化物多芯超電導線材を製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】ツイストピッチ (L_p) と臨界電流密度 (J_c/J_{c0}) との関係を示す図である。

【図 2】ツイストピッチ (L_p) と交流損失 (W_k/W_0) との関係を示す図である。

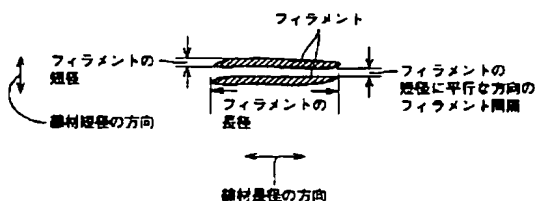
【図 3】ツイストピッチを 7 mm とした場合の最終焼結後の実施例 1 の酸化物多芯超電導線材を示す断面図である。

【図 4】酸化物多芯超電導線材における「フィラメント間隔」、「フィラメント短径」および「フィラメント長径」を説明するための図である。

【図 3】



【図 4】



【図2】

